



**You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice**

Title: Grzyby niszczące zabytkowy papier : analiza druków z lat 1500-1600 z kolekcji Biblioteki Fundacji Wiktora hr. Baworowskiego we Lwowie

Author: Tadeusz Maciąg

Citation style: Maciąg Tadeusz. (2015). Grzyby niszczące zabytkowy papier : analiza druków z lat 1500-1600 z kolekcji Biblioteki Fundacji Wiktora hr. Baworowskiego we Lwowie. W: A. Tokarska (red.), "Z życia książki : ochrona i konserwacja zbiorów bibliotecznych oraz konteksty : prace ofiarowane profesorowi Leonardowi Ogiermanowi" (S. 53-72). Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIWERSYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Tadeusz Maciąg

Grzyby niszczące zabytkowy papier
Analiza druków z lat 1500—1600
z kolekcji Biblioteki Fundacji
Wiktora hr. Baworowskiego we Lwowie

W bibliotekach i archiwach są gromadzone głównie przedmioty wykonane na podłożu papierowym: książki, czasopisma, ryciny itp. Proces destrukcji tych wyrobów rozpoczyna się już z chwilą ich wyprodukowania, a upływ czasu jest największym nieprzyjacielem papieru i wytworów z tego materiału. Pod pojęciem starzenia się papieru rozumiemy zmiany właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych, zachodzące podczas jego magazynowania i użytkowania, które prowadzą do skrócenia trwałości materiału. Do czynników zewnętrznych, które oddziałują na proces naturalnego starzenia się papieru, należy zaliczyć: czynniki atmosferyczne, fizyczne i biologiczne¹.

Spośród organizmów żywych największe zagrożenie dla materiałów bibliotecznych stanowią grzyby pleśniowe. Mikrobiolodzy klasyfikują je do trzech grup systematycznych: zygomycota, ascomycota i sztucznej grupy grzybów mitosporowych. Grzyby są organizmami heterotroficznymi, w większości saprofitami, biorącymi udział w krążeniu pierwiastków w przyrodzie. Ciało pleśni jest zbudowane ze strzępek, nitkowatych tworów, zwykle mocno rozgałęzionych. Mocno rozwinięte strzępki tworzą mniej lub bardziej bezkształtną masę, zwaną grzybnią. Grzybnia grzybów pleśniowych może rozwijać się na różnych podłożach, pokrywając je białym lub barwnym watowatym kożuszkciem. Większość grzybów to organizmy wszędobylskie, występujące w glebie, wodzie i powietrzu. Do powszechnego występowania i szerokiego rozprzestrzenienia się grzybów przyczyniły się wytwarzane przez te organizmy zarodniki, które są organami ich rozmnażania. Liczba wytwarzanych zarodników jest ogromna. Rozmiary rzędu kilkunastu mikronów i nieznacznym ciężar sprawiają, że bardzo łatwo rozprzestrzeniają się w powietrzu,

¹ B. Zyska: *Ochrona zbiorów bibliotecznych przed zniszczeniem*. T. 2: *Czynniki niszczące materiały w zbiorach bibliotecznych*. Katowice 1993, s. 33—110.

w którym mogą się unosić przez długi czas. Zarodniki występujące w kurzu po opadnięciu na podłoże zaczynają kiełkować pod wpływem nawet niewielkiej ilości wilgoci. Formy przetrwalne grzybów, sklerocja, chlamydospory, zarodniki przetrwalnikowe, są bardzo odporne na wysychanie oraz działanie innych zewnętrznych czynników środowiska. W skrajnych warunkach mogą przetrwać bardzo długo. Zarodniki, kiełkując, wytwarzają grzybnię, która, rozrastając się, tworzy kolonie o średnicy od kilkunastu milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów². W bibliotekach, archiwach grzyby odżywiają się kosztem składników pokarmowych klejów introligatorskich, skóry, papieru. Grzyby pleśniowe nie potrafią pobierać pokarmu w postaci związków wielocząsteczkowych, do których zaliczamy: białka (kolagen — podstawowy składnik budulcowy skóry, pergaminu), wielocukry (celuloza, skrobia — składnik klejów roślinnych), tłuszcze (skóra). Pokarm trawia na zewnątrz swego ciała za pomocą enzymów hydrolitycznych, które, wydzielane na zewnątrz komórki, przenikają do podłoża, rozkładając złożone substancje organiczne na związki drobnocząsteczkowe. Powstałe wówczas związki, rozpuszczalne w wodzie, są pobierane poprzez ściany komórkowe³.

W pierwszej kolejności grzyby atakują te miejsca książki, do których swobodnie dociera wilgoć oraz występuje łatwo dostępne dla nich pożywienie. Tymi fragmentami są: oprawa, grzbiet książki, wewnętrzne strony okładki przy wyklejkach, brzegi książki. Grzbiet książki i wyklejki są nasyczone zwierzęcym lub roślinnym klejem, które stanowią znakomitą pożywkę dla drobnoustrojów. Rozkład kleju na grzbiecie prowadzi do rozluźnienia bloku książki, a po zniszczeniu sznurków i szycia dochodzi do rozsypywania się kartek. Brzegi książek także są miejscami, przez które z łatwością wnika woda i zarodniki grzybów. Przy silnym zawilgoceniu drobnoustroje wrastają w blok na taką głębokość, na jakiej wystarcza im tlenu. Przy jego braku następuje spowolnienie degradacji papieru, powstają zacieki, a wysychająca książka ulega zniekształceniu⁴. Papier w miejscu, w którym rozwija się grzybnia, staje się kruchy, cienki, porowaty, a w końcu w wyniku rozwoju grzyba włókna celulozowe pękają, doprowadzając do całkowitego zniszczenia jego struktury⁵.

Kolonie grzybów mikroskopowych rozwijające się z zarodników na papierze są zwykle bardzo kolorowe. W miejscu rozwijania się kolonii powstają

² Z. Podbielkowski, I. Rejment-Grochowska, A. Skirgiełło: *Rośliny zarodnikowe*. Warszawa 1986, s. 358—367.

³ W.H. Kunicki-Goldfinger: *Życie bakterii*. Warszawa 2006, s. 113—132.

⁴ A.B. Strzelczyk: *Charakterystyka zniszczeń mikrobiologicznych w zabytkowych książkach*. „Notes Konserwatorski” 1998, s. 36—50.

⁵ Eadem: *Mikrobiologiczne zniszczenia zbiorów bibliotecznych. Przyczyny i objawy destrukcji*. W: *Studia bibliologiczne*. T. 10: *Prace ofiarowane Profesorowi Bronisławowi Zysce*. Red. nauk. I. Socha. Katowice 1997, s. 90—92.

barwne plamy na papierze, które bardzo szpecą i są trudne do usunięcia. Wokół plam grzybowych papier jest osłabiony, charakteryzuje się niską wytrzymałością mechaniczną, a po dłuższym okresie rozwoju grzyba zanika. Przebarwienia chemiczne pochodzą od barwników wytwarzanych przez grzyby, które migrują na zewnątrz komórek, powodując występowanie różnokolorowych zabarwień⁶. Najczęściej występujące zaplamienia są w kolorze białym, kremowym, zielonym, szarym, czarnym (zob. tab. 1).

Tabela 1

Niektóre rodzaje grzybów niszczących papier, zabarwienie kolonii i plam na papierze

Rodzaj grzyba	Zabarwienie kolonii na pożywce hodowlanej	Zabarwienie plamy na papierze
<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>	różne odcienie zieleni zielone, żółtozielone, kremowe, brązowe, czarne	różne odcienie zieleni najczęściej różne odcienie zieleni
<i>Chaetomium</i> <i>Trichoderma</i> <i>Fusarium</i>	zielonkawe zielone białe, fioletoworóżowe, żółtopomarańczowe	oliwkowożółte kremowe, zielone różowe
<i>Botrytis</i> <i>Cladosporium</i> <i>Alternaria</i> <i>Trichothecium</i>	ugrowe czarnozielone czarne, ciemnoszare jasnoróżowe	cynamonowe czarne brązowe, ciemnoszare jasnoróżowe

Źródło: A.B. Strzelczyk, J. Karbowska-Berent: *Drobnoustroje i owady niszczące zabytki i ich zwalczanie*. Toruń 2004, s. 109.

W przypadkach takich jak znaczne zawilgocenie przez dłuższy czas i obfity wzrost mikroorganizmów zniszczenia są tak duże, że rozpadowi ulega oprawa i cały blok książki. Działanie drobnoustrojów doprowadza do sklejanego całego bloku przez substancje klejące, śluzowate, które są półproduktami rozkładu celulozy oraz produktami przemian metabolicznych, głównie bakterii. Podczas wysychania obszary te zmieniają się w stwardniały, kruchy obszar, który po dotknięciu odpada od książki. Zjawisko to określamy kamieniem książki. Podlegają mu głównie książki wykonane z papieru czerpanego.

Innym szczególnym przypadkiem zniszczenia jest tzw. puszysta destrukcja. Podlegają jej brzegi bloku książki, gdzie papier staje się miękki, puszysty i wystaje poza blok, a włókna celulozowe są zniszczone. Destrukcji puszystej podlegają zarówno papiery czerpane, jak i drzewne⁷.

⁶ Yu.P. Nyuksha: *Biodeterioration of paper and books*. St. Petersburg 1994, s. 171—192.

⁷ A.B. Strzelczyk, J. Karbowska-Berent: *Drobnoustroje i owady niszczące zabytki i ich zwalczanie*. Toruń 2004, s. 105—116.

Enzymatyczny rozkład papieru

Podstawowym materiałem „budulcowym” książki jest papier. Utrata przez papier wytrzymałości mechanicznej powoduje utratę całego dzieła, gdyż na nim zawarta jest — w postaci pisma czy druku — informacja. Podstawowe surowce wykorzystywane do produkcji papieru to włókna roślinne, których dostarczają takie rośliny, jak: len, konopie, jodła, sosna, świerk, topola, buk i inne. Najważniejszym ich składnikiem jest celuloza.

Celuloza jest polisacharydem roślinnym, najobficiej występującym związkiem organicznym w biosferze, zawierającym więcej niż 50% całego węgla organicznego⁸. Stanowi składnik budulcowy ścian komórkowych włókien roślinnych, z których wytwarza się papier. Włókno jest zbudowane z warstw, w których są rozmieszczone makrofibrele, złożone z mniejszych elementów — mikrofibryli, które z kolei złożone są z cząsteczek celulozy. Celuloza stanowi od 15% do 30% suchej masy pierwotnych ścian komórkowych i do 40% wtórnych ścian komórkowych. W obrębie mikrofibryl wyróżnia się obszary krystaliczne — micle — i niekrystaliczne (amorficzne), bardziej podatne na działanie enzymu⁹.

Celuloza jest zbudowana z łańcuchów utworzonych z jednostek β -D-glukozy, połączonych wiązaniami β -1,4-glikozydowymi. Podstawową jednostką powtarzającą się w łańcuchu celulozy jest dwucukier celobioza. Łańcuchy celulozy połączone są między sobą wiązaniami wodorowymi i siłami van der Waalsa, tworząc mikrofibrylę¹⁰. Liczba cząsteczek glukozy określa stopień polimeryzacji glukozy (SP). Wynosi on od kilku do kilkunastu tysięcy i zmniejsza się wraz ze stopniem degradacji celulozy.

Celuloza jako główny składnik papieru jest materiałem pokarmowym chętnie wykorzystywanym przez grzyby. Wrastają one do lumenu włókna celulozowego i rozpuszczają go od środka, powodując jego liczne pęknięcia, które osłabiają papier. Enzymy służące do rozkładania celulozy to celulazy. Grzyby wykazują właściwości biosyntetyzowania aktywnych celulaz, jeżeli w podłożu znajduje się celuloza działająca jako induktor. Wytworzone tym sposobem celulazy wykazują następnie wysoką aktywność w rozkładzie celulozy. Grzyby odpowiedzialne za mineralizację celulozy są nazywane grzybami celulolitycznymi¹¹.

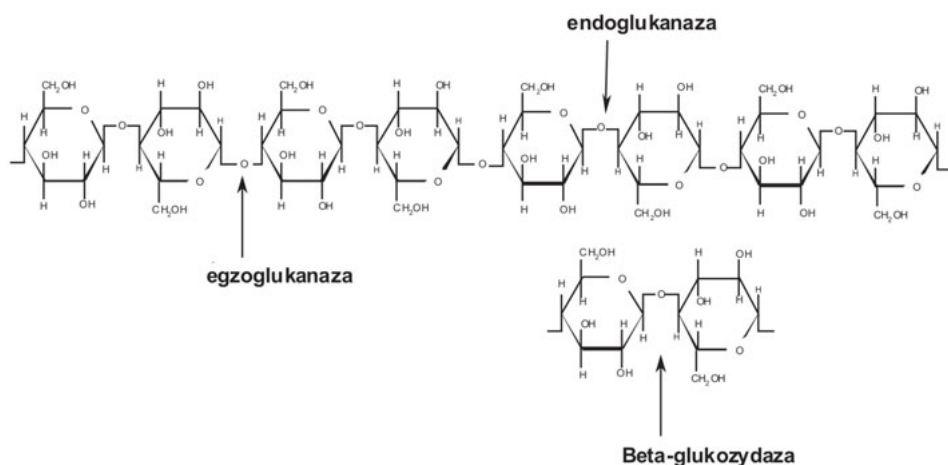
⁸ L. Stryer: *Biochemia*. Warszawa 1986, s. 403.

⁹ Z. Xuebing, Z. Lihua, L. Dehua: *Biomass recalcitrance*. Part I: *The chemical compositions and physical structures affecting the enzymatic hydrolysis of lignocelluloses*. „Biofuels, Bioproducts and Biorefining” 2012, Vol. 6, nr 4, s. 465—482.

¹⁰ S. Russel, E.B. Górska, A.I. Wyczółkowski: *Enzymy biorące udział w hydrolizie celuloz*. „Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie” 2005 (3), s. 27—36.

¹¹ A.B. Strzelczyk, J. Karbowska-Berent: *Drobnoustroje i owady...*, s. 54—56.

Celulazy są zwykle kompleksem enzymów rozkładających celulozę, należących do hydrolaz, które rozkładają wiązania chemiczne z udziałem cząsteczki wody. Celulazy katalizują reakcję hydrolizy wiązań β -1,4-glikozydowych, występujących pomiędzy cząsteczkami glukozy w celulozie. Końcowym wynikiem jest glukoza (zob. rys. 1).



Rys. 1. Struktura cząsteczkowa celulozy i miejsca działania endoglukanazy, egzoglukanazy (cellobiohydrolazy) i Beta-glukozydazy

Źródło: R. Kumar, S. Singh, O.V. Singh: *Bioconversion of lignocellulosic biomass: biochemical and molecular perspectives*. „J Ind Microbiol Biotechnol” 2008, 35:377—391. DOI 10.1007/s10295-008-0327-8.

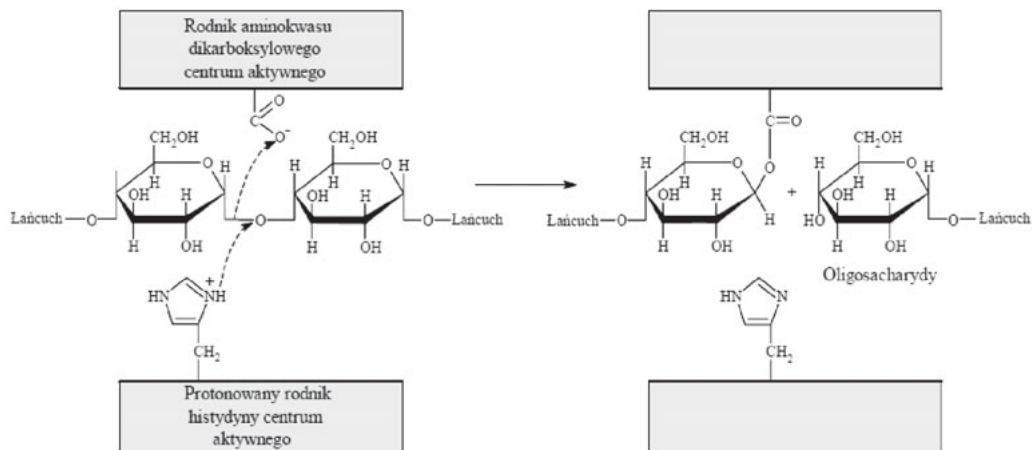
Kompleks enzymów hydrolizujących celulozę jest złożony z trzech frakcji:

1. endoglukanazy — która katalizuje reakcję hydrolizy wewnątrzcząsteczkowych wiązań β -1,4, w wyniku czego powstają łańcuchy o wolnych końcach;
2. egzoglukanazy (cellobiohydrolazy) — odszczepiającej jednostki disacharydu celbiozy od celulozy. Istnieją dwa główne rodzaje cellobiohydrolazy [CBH]: — CBH I, która współdziała z końcem redukującym, i CBH II, która współpracuje z końcem nieredukującym z celulozy;
3. Beta-glukozydazy (celbiozy) — która katalizuje rozkład celbiozy do dwóch cząstek glukozy, odszczepiając je od nieredukujących końców¹².

Endoglukanazy, rozłączając wiązania wewnątrz cząsteczki błonnika, działają depolimeryzująco na celulozę, co prowadzi do zwiększenia rozpuszczalności celulozy i dlatego nazywane są celulozami upłynniającymi. Egzoglukanazy natomiast, odłączając od końców łańcucha celulozy cząsteczki glukozy

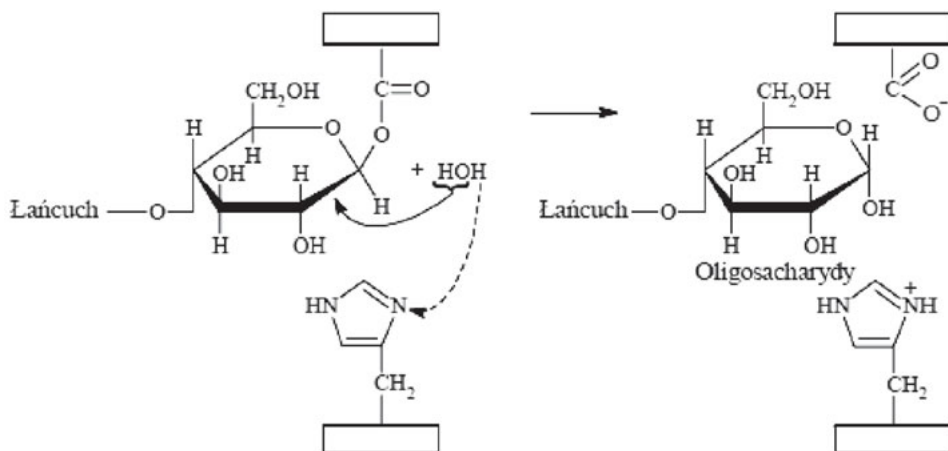
¹² *Karboksyhydrolazy trichoderma reesei: budowa, mechanizm działania, regulacja i zastosowanie*. „Postępy Mikrobiologii” 2001, T. 40, z. 4, s. 377—385.

i celobiozy, są określane celulozami scukrzającymi. Endoglukanazy poprzez odślanianie coraz większej liczby zakończeń pobudzają działanie egzoglukanazy¹³ (zob. rys. 2, 3).



Rys. 2. Mechanizm rozpadu wiązań glikozydowych (I etap)

Źródło: W. Preżdo: *Podstawy biochemii*. Kielce 2006, s. 278—279.



Rys. 3. Mechanizm rozpadu wiązań glikozydowych (II etap)

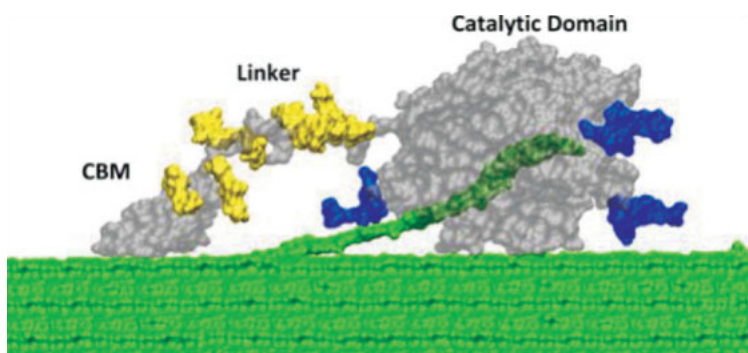
Źródło: W. Preżdo: *Podstawy biochemii*. Kielce 2006, s. 278—279.

W pierwszym etapie działania glukanazy następuje rozpad wiązania glikozydowego, w wyniku czego powstaje deprotonowany rodnik histydyny oraz wiązanie estrowe między węglowodanem a aminokwasem dikarboksylovym. W drugim etapie do enzymatycznego centrum aktywnego zostaje

¹³ A.B. Strzelczyk, J. Karbowska-Berent: *Drobnoustroje i owady...*, s. 105—116.

przyłączona grupa OH cząsteczki wody, odpowiadająca za rozpad tworzonego w pierwszym etapie wiązania estrowego i uwolnienie rodnika aminokwasu dikarboksylowego, przy czym proton wody łączy się z deprotonowanym w pierwszym etapie rodnikiem histydyny. W wyniku tej reakcji centrum aktywne enzymu jest zdolne do kolejnego aktu katalitycznego¹⁴.

Glukanaza występuje przeważnie w postaci kompleksu, który składa się z trzech odrębnych domen: kulistej domeny katalitycznej (CD), która zawiera miejsce aktywne enzymu, modułu wiążącego węglowodany (CBM) i łącznika peptydowego¹⁵ (zob. rys. 4).



Rys. 4. Exoglukanaza [Cel7A] z *Trichoderma reesei* na celulozie. Konformacja za: Zhong i in. Z pokazanymi N- i O-glikanem. Enzym jest przedstawiony na szaro, proces O-glikozydacji na łączniku w kolorze żółtym, a N-glikan w niebieskim.

Celuloza ma kolor zielony

Źródło: G.T. Beckham, Y.J. Bomble, J.F. Matthews, C.B. Taylor, M.G. Resch, J.M. Yarbrough, S.R. Decker, L. Bu, Z. Xiongce, C. McCabe, J. Wohler, M. Bergenstrahle, J.W. Brady, W.S. Adney, M.E. Himmel, and M.F. Crowley: *The O-Glycosylated Linker from the Trichoderma reesei Family 7 Cellulase Is a Flexible, Disordered Protein*. „Biophysical Journal” 2010, Vol. 99, s. 3773.

Ocena mikrobiologiczna

Niewłaściwe warunki przechowywania w przeszłości kolekcji bibliotecznych, a głównie zbyt wysoka wilgotność powietrza, powodowały, że znaczne części zbiorów, które przetrwały do dnia dzisiejszego, noszą znamiona zniszczeń mikrobiologicznych. Obecnie zbiory biblioteczne również narażone są na zniszczenia mikrobiologiczne, jeżeli nie będzie się przestrzegano zasad

¹⁴ W. Preżdo: *Podstawy biochemii*. Kielce 2006, s. 276—282.

¹⁵ M.R. Nimlos, J.F. Matthews, M.F. Crowley, R.C. Walker, G. Chukkapalli, J.W. Brady, W.S. Adney, J.M. Cleary, L. Zhong, M.E. Himmel: *Molecular modeling suggests induced fit of Family I carbohydrate-binding modules with a broken-chain cellulose surface*. „Protein Engineering, Design & Selection” 2007, Vol. 20, no. 4, s. 179—187. Published online April 12, 2007 doi:10.1093/protein/gzm010.

właściwego ich przechowywania. Do organizmów żywych niszczących księgozbiory zaliczamy przede wszystkim grzyby, potocznie zwane pleśniami. Papier w miejscu, w którym rozwija się grzybnia, a także daleko poza nim, ulega destrukcji. Staje się kruchy, cienki, porowaty, a w końcu w wyniku depolimeryzacji cząsteczki celulozy rozpada się i powstają ubytki¹⁶.

Aby dokonać oceny mikrobiologicznego zagrożenia księgozbioru, należy oznaczyć żywotność zarodników. Mogą one w sprzyjających warunkach (np. gdy dojdzie do zawilgocenia zbiorów) szybko się rozwinąć i zniszczyć podłoże, na którym bytują¹⁷.

Ocenę stopnia zagrożenia mikrobiologicznego wykonano na szesnastowiecznych drukach z kolekcji Biblioteki Fundacji Wiktora hr. Baworowskiego we Lwowie. Wybrano tomy, które wykazywały wyraźne ślady działania mikroorganizmów, czyli występowały w nich różnego rodzaju przebarwienia, zaplamienia, zacieki, zabrudzenia, deformacje. Do badań wytypowano 80 książek. Z wszystkich obiektów pobrano próbki, które badano na obecność grzybów pleśniowych. Każdy egzemplarz został opisany przez dwie próbki mikrobiologiczne. Pierwszą próbkę pobrano z przedniej wyklejki lub karty tytułowej, drugą z karty ze środka bloku książki. Badanie polegało na odcisnięciu wilgotnego, sterylnego krążka bibuły o średnicy 4 cm w miejscach widocznej działalności mikroorganizmów. Bibułę przenoszono na szalkę Petriego o średnicy 12 cm, zawierającą pożywkę w ilości 10 cm³, przygotowaną według receptury Czapek-Doxa¹⁸. Szalki inkubowano w cieplarni w temperaturze 26°C.

W celu dokonania oceny mikrobiologicznego zagrożenia przyjęto, że optymalny przedział czasowy, po którym grzybnia zarośnie całą szalkę, wynosi 21 dni. Przyjęto również, że jeśli w ciągu 7 dni inkubacji wyrośnie grzybnia o średnicy 3 cm, oznaczać to będzie najwyższy stopień zagrożenia, mówiący o obecności w badanym materiale żywej grzybni. Rozwój grzybni do średnicy 6 cm, uzyskany po 14 dniach inkubacji, kwalifikowano jako zagrożenie średnie, które oznacza wykonanie profilaktycznych zabiegów dezynfekcyjnych. Miejscowe i nierównomierne pokrycie szalki żywą grzybnią po 21 dniach inkubacji świadczyć miało o występowaniu nieaktywnych form zarodnikowych¹⁹.

Stwierdzono, że zakażenie grzybami pleśniowymi nie jest równomiernie zlokalizowane. Najwięcej kolonii wyrosło na szalkach, w których umieszczono próbki pobrane z wyklejki lub karty tytułowej, a zdecydowanie mniej na szalkach z próbkami ze środka bloku książki. W pierwszym przypadku

¹⁶ A.B. Strzelczyk: *Mikrobiologiczne zniszczenia zbiorów bibliotecznych...*, s. 90—92.

¹⁷ A.B. Strzelczyk: *Charakterystyka zniszczeń...*, s. 36—50.

¹⁸ O. Fassatiová: *Grzyby mikroskopowe w mikrobiologii technicznej*. Tłum. H. Oberman. Warszawa 1983, s. 32.

¹⁹ L. Ogierman: *Konserwacja zabytkowego materiału bibliotecznego krakowskich paulinów na Skalce*. Katowice 2005, s. 19.

stwierdzono 45 wzrostów, a w drugim 14 (zob. tab. 2). Wzrost kolonii grzybów na szalkach z próbkami z bloku książki był bardzo słaby. Kolonie były niewielkie i w małej liczbie. Rozwijały się tylko przez pierwsze dni inkubacji, a następnie wzrost wyhamowywał. Na pożywce, na której umieszczono próbki z wyklejki lub karty tytułowej, rozwój kolonii był znacznie szybszy i miały one znacznie większe rozmiary. Do 7. dnia na 8 szalkach wystąpił wzrost grzybni, która przekroczyła średnicę 3 cm, a w 4 przypadkach po kilku następnych dniach inkubacji kolonie pokryły całą powierzchnię szalki, co świadczy o biologicznej aktywności grzybni (zob. tab. 2).

Tabela 2

Liczba zainfekowanych szalek

Miejsce pobrania próbki	Liczba szalek, na których wyrosły kolonie	Stosunek % do całej próby
Wyklejka lub karta tytułowa	45	56,25
Blok książki	14	17,5

Źródło: badania własne.

Przeprowadzona kontrola mikrobiologiczna ujawniła, że z 80 obiektów 45 przynajmniej w jednym z dwu punktów pomiarowych wykazywało infekcję grzybową. Egzemplarze, w przypadku których tylko przy jednym punkcie wyrosła kolonia, było 33, przy dwóch punktach — 12, a w przypadku 36 egzemplarzy nie wystąpił wzrost.

Ogólnie na dobrą ocenę stanu zachowania kolekcji wpływa fakt, że wśród zainfekowanych woluminów zarejestrowano tylko 8 przypadków, w których strefa wzrostu grzybni wyniosła 3 cm średnicy po 7 dniach inkubacji, co stanowi 10% wszystkich obiektów. Świadczy to o obecności w materiale biologicznym żywej grzybni. W takiej sytuacji cały wolumin klasyfikuje się do natychmiastowej interwencji konserwatorskiej. Liczba obiektów z zaawansowanymi formami chorób grzybowych nieprzekraczająca 25% całego zbioru świadczy o tym, że rozwój grzybni w warunkach przechowywania badanych egzemplarzy był znacznie ograniczony (zob. tab. 3).

Tabela 3

Ilościowa ocena zagrożeń pochodzenia grzybowego

	Stopień zagrożenia			
	xxx	xx	x	brak wzrostu na pożywce
Blok książki	0	0	14	66
Wyklejka lub karta tytułowa	8	9	27	36

xxx — najwyższy stopień zagrożenia, w ciągu 7 dni inkubacji powstaje grzybnia o średnicy 3 cm;

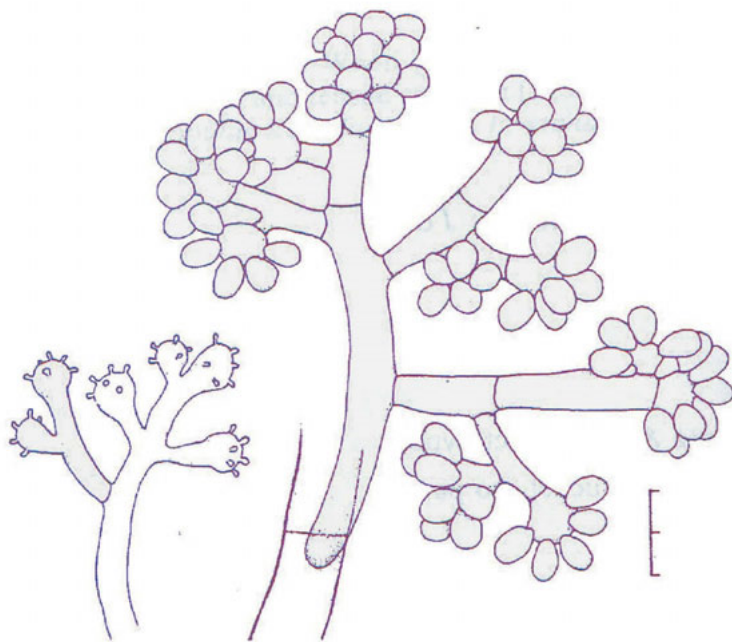
xx — średni stopień zagrożenia, w ciągu 14 dni inkubacji powstaje grzybnia o średnicy 6 cm;

x — niski stopień zagrożenia, po 21 dniach inkubacji grzybnie małych rozmiarów (rzędu kilku milimetrów) pokryły szalkę nieregularnie i nierównomiernie.

Źródło: badania własne.

Charakterystyka grzybów stwierdzonych w badanej kolekcji

Botrytis cinerea Pers. ex Nocca & Balb.



Rys. 5. *Botrytis cinerea* (K.H. Domsch, W. Gams, T.-H. Anderson)

Botrytis cinerea charakteryzuje się wełnistą, jasnoszarą lub oliwkowobrunatną grzybnią z szarą warstwą konidiów. Konidiofory są wyprostowane, sepowane, rozgałęzione na końcu, kończą się pęcherzykami z blastokonidiami. Gatunek powszechnie występujący w przyrodzie, spełniający ważną rolę w procesie biodegradacji celulozy i pektyn w warunkach naturalnych, jest saprofitem, ale w pewnych warunkach występuje jako organizm patogenny (na ponad stu gatunkach roślin). Na owocach identyfikowany jest jako tzw. szara pleśń. Optymalna temperatura wzrostu wynosi 22—25°C (min. 5—12 °C, max. 33—35°C), niektóre szczepy są przystosowane do wzrostu w niskich temperaturach (2°C). Grzyb może rozwijać się w dość szerokim zakresie pH, od 2 do 8, optymalne pH wynosi 3—5.

Alternaria alternata Nees ex Fr.

Fot. 1. *Alternaria alternata* Nees ex Fr.
(fot. Tadeusz Maciąg)

Jest kosmopolitycznym i wszechobecnym grzybem. W warunkach naturalnych jest saprofitem, ale może występować jako organizm patogenny. Charakteryzuje się watowatą, niską, czarnoszarą lub oliwkowobrunatną grzybnią. Gatunek został wyizolowany z różnych podłoży: gleby, taśmy magnetycznej, drewna, gumy, węglowodorów, materiałów syntetycznych, papieru, pergaminu, artykułów spożywczych (owoce, warzywa, zboża, orzechy), juty, bawełny, wełny. *Alternaria alternata* jest toksyczny i chorobotwórczy. Konidiofory są alergenem i mogą powodować poważne choroby układu oddechowego (astma, przewlekłe zapalenie zatok, zapalenie błony śluzowej nosa). Może również powodować grzybicę skóry. Jego mikotoksyny są odpowiedzialne za leukopenię. Rodzaj *Alternaria* jest w Polsce najczęściej uczulającym grzybem i jest odpowiedzialny za ciężki przebieg alergicznego nieżytu nosa i astmy oskrzelowej. Optymalna temperatura wzrostu wynosi 22—25°C (min. 2—6°C, max. 31—32°C) i może rozwijać się w dość szerokim zakresie pH: od 2,7 do 8. Wartość aktywności wodnej potrzebna do wzrostu: A_w 0,85—0,88. Zarodniki zawierają 86% wody, są bardzo odporne na suszę, zachowując w tych warunkach żywotność przez kilka lat.

Cladosporium herbarium (Persoon) Link ex S.F. Gray

Cladosporium herbarium można spotkać we wszystkich strefach klimatycznych na Ziemi, od tropików po rejony arktyczne. Jest najliczniej reprezentowany w powietrzu spośród wszystkich zarodników grzybów. Pojawić się może na produktach żywnościowych, zarówno świeżych, jak i mrożonych.

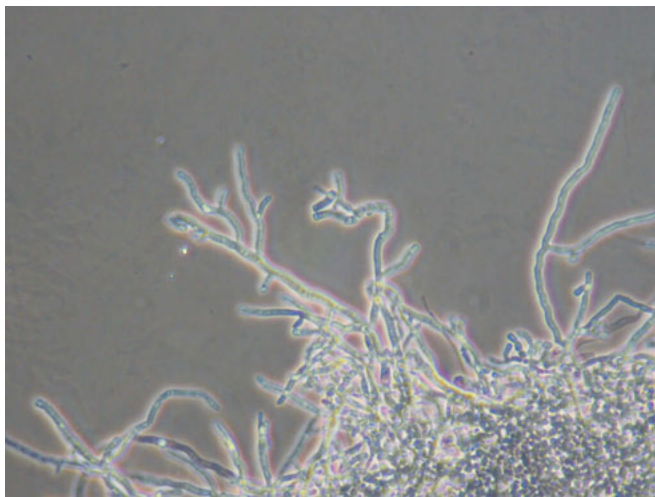


Fot. 2. *Cladosporium herbarium* (Persoon)
Link ex S.F. Gray (fot. Tadeusz Maciąg)

Został wyizolowany z gleby, gnijącego drewna, skóry, węglowodorów, materiałów syntetycznych, papieru, masy papierowej, ścierni drzewnego, roślin (cebula, pszenica, owies, lucerna, koniczyna, rośliny orzechowe, ziemniaki, tytoń, kolendra, kawa), wilgotnych tynków, produktów spożywczych (mrożonki, produkty mleczne, owoce, soki owocowe, suszone i solone ryby). Na papierze pozostawia zaplamienia w kolorze zielonym, a na pergaminie i skórze ciemno zabarwione o zielonym odcieniu. *Cladosporium herbarium* produkuje ochratoksynę o działaniu podobnym do bardzo groźnych mikotoksyn. Jest patogeniczny dla ludzi, silnie alergizujący. Optymalna temperatura jego wzrostu to 18—28°C. Niektóre osobniki mogą dostosować się do niskich temperatur (−6°C). Wartość aktywności wodnej potrzebna do wzrostu: A_w 0,85—0,88. Grzyb jest w stanie rozwijać się w szerokim zakresie pH (4,4 do alkalicznego), optymalny wzrost przy pH 6.

***Geotrichum candidum* Link ex Leman**

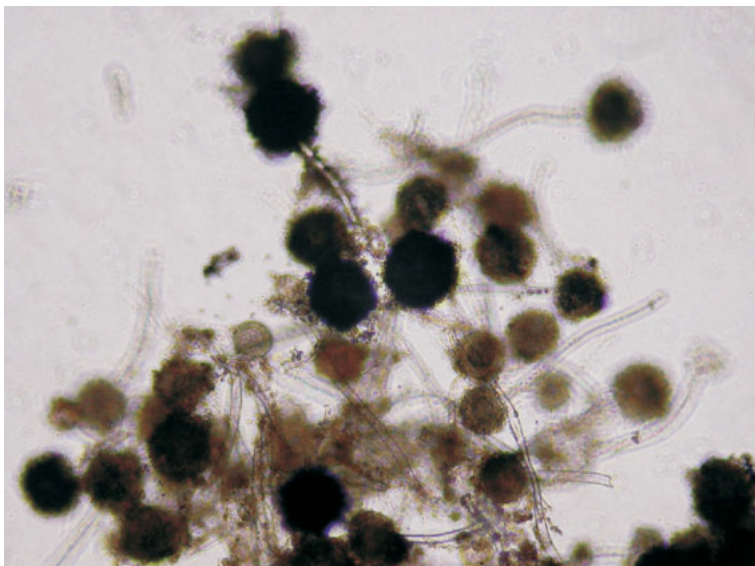
To grzyb powszechnie występujący na całym świecie, głównie w glebie, powietrzu, wodzie, ściekach, zasiedla różne rośliny, w tym zboża. Rozpowszechniony na wyrobach mleczarskich, takich jak mleko, sery. Wywołuje kwaśną zgniliznę owoców cytrusowych, owoców pomidora, zwłaszcza gdy były przechowywane w temperaturze 0—5°C, może także atakować dojrzałe owoce ogórka. Jest powszechnie wyizolowany z ludzkich odchodów (w 25—30% próbek), płwociny i skóry. Może powodować grzybicę przewodu pokarmowego (geotrichozę). Optymalna temperatura wzrostu wynosi 25—27°C, a maksymalna 35—38°C.



Fot. 3. *Geotrichum candidum* Link ex Lemm (fot. Tadeusz Maciąg)

***Mucor racemosus* Fres.**

Jest szybko rozwijającym się grzybem, którego grzybnia przypomina watę cukrową — jest koloru białego, a z wiekiem ciemnieje (staje się szarobrazowa). Grzyb ten powszechnie występuje w glebie, w ryzosferze upraw polowych,



Fot. 4. *Mucor racemosus* Fres. (fot. Tadeusz Maciąg)

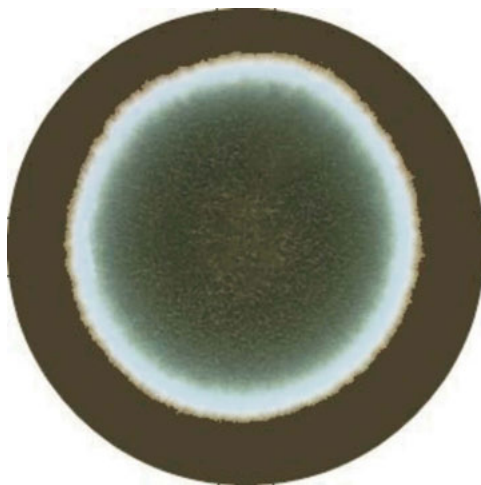
często znaleźć go można w odchodach, gniazdach, piórach wolno żyjących ptaków, na szczątkach roślin. Spotykany także w magazynach zbożowych (na nasionach pszenicy, jęczmienia, owsa, ryżu, pomidorach, orzeszkach ziemnych, lucernie, fasoli, herbacie, Inie). Rozwija się w zakresie temperatur 5—30°C, przy optimum w zakresie 22—25°C (min. -4°C, a max. 33°C); wzrost nie występuje w temperaturze powyżej 37°C.

Aspergillus niger van Tieghem



Fot. 5. *Aspergillus niger* van Tieghem
(fot. Tadeusz Maciąg)

Jest gatunkiem kosmopolitycznym, najczęściej rozpowszechnionym spośród kropidlaków. Występuje w glebie, produktach spożywczych (warzywa, świeże i suszone owoce, orzechy), materiałach tekstylnych (bawełna, juta, wełna), podłożach audiowizualnych (fotografie, mikrofilmy), drewnie, gumie, wosku, wodzie (czyste i zanieczyszczone rzeki). Izolowany był z materiałów syntetycznych (tworzywa sztuczne, plastyfikatory), metali, papieru, pergaminu. *Aspergillus niger*, występując na oprawach skórzanach, powoduje hydrolizę olejów i tłuszczów do wolnych kwasów tłuszczowych, lecz nie degraduje kolagenu. Utrata tłuszczu sprawia, że skóra staje się twarda, mniej elastyczna, a w efekcie traci swoje trwałe właściwości fizyczne. Grzyb ten jest toksyczny i chorobotwórczy, wywołuje grzybice narządowe: nerek, płuc, oskrzeli, mózgu, uszu, zatok obocznych nosa, oka i inne. Należy do mezofili, chociaż bardzo dobrze rozwija się w wysokich temperaturach. Minimalne, optymalne i maksymalne temperatury wzrostu grzybni wynoszą odpowiednio: 11—13°C, 17—42°C i 47—48°C. Wartość aktywności wodnej potrzebna do wzrostu: A_w 0,77.

Aspergillus fumigatus Fres.

Fot. 6. *Aspergillus fumigatus* Fres.
(fot. Tadeusz Maciąg)

Jest kosmopolitycznym grzybem. Bardzo często występuje na wilgotnej materii organicznej i zwałach kompostu, powodując ich szybki rozpad zachodzący z wydzielaniem się ciepła. Gatunek ten został wyizolowany z różnych podłoży i środowisk, takich jak: atmosfera, guma, gnijąca materia organiczna, materiały syntetyczne (plastyfikatory), papier, produkty spożywcze (mleko, przyprawy, wyroby mięsne, owoce, warzywa oraz różnego rodzaju orzechy), zboża (elewatory zbożowe), gleby. *Aspergillus fumigatus* wywołuje aspergilozy u ludzi, np. grzybice skóry, płuc, oskrzeli, mózgu, uszu, zatok obocznych nosa, oka i inne. Wytwarza także mikotoksyny: tryptokwiwaleny, fumitremorgeny oraz verrukulogen i gliotoksynę o działaniu immunosupresyjnym. Wartość aktywności wodnej potrzebna do wzrostu: A_w 0,85—0,94. Grzyb jest gatunkiem termotolerancyjnym i jest zdolny do rozwoju w zakresie temperatur od 12°C do 57°C, a optymalny wzrost przebiega w temperaturze pomiędzy 37 a 43°C. Idealne pH wzrostu wynosi między 3 i 8.

Penicillium funiculosum Link ex Fr.

Jest szeroko rozpowszechniony w glebach klimatu umiarkowanego. Jest saprofitem i polifagiem. Do swego rozwoju może wykorzystywać rozmaity pokarm. Występuje na skórze, produktach spożywczych (owoce, syropy owocowe, kiełki fasoli, zboża, orzechy). Dobrze rozwija się na tkaninie bawełnianej, papierze i bibule filtracyjnej. Jego wzrost może odbywać się w zakresie temperatur od 8°C do 42°C, a optimum rozwoju zachodzi w 25—28°C. Wartość aktywności wodnej potrzebna do wzrostu: A_w 0,9. Jest odporny na dzia-

łanie kwasów i może rozwijać się na glebach kwaśnych o pH 2. *Penicillium funiculosum* cechuje duża aktywność celulolityczna. Syntetyzuje komplet celulaz: endo- β -1,4-glukanazę, exo- β -1,4-glukanazę i β -glikozydazy.



Fot. 7. *Penicillium funiculosum* Link ex Fr.
(fot. Tadeusz Maciąg)

***Scopulariopsis brevicaulis* (Sacc.) Bain**

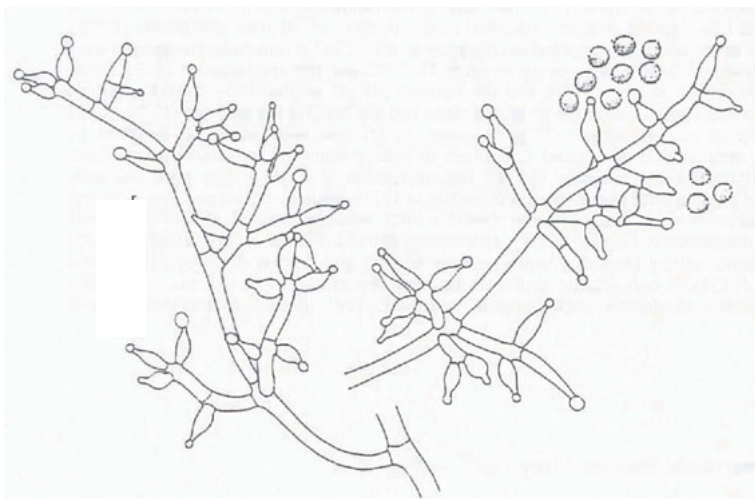
Jest bardzo rozpowszechniony w przyrodzie, w glebie i na różnych podłożach organicznych (kompost, suche pasze, nasiona pszenicy, jęczmienia, kminku, soi, orzeszki ziemne, chmiel, mięso). Wyizolowany również z osadów rzecznych, wilgotnych ścian, tapet, drewna, pulpy drzewnej, bawełny, wyro-



Fot. 8. *Scopulariopsis brevicaulis* (Sacc.)
Bain. (fot. Tadeusz Maciąg)

bów z papieru, fresków klasztornych. *Scopulariopsis brevicaulis* powoduje u ludzi pleśnicę paznokci. Optymalny wzrost następuje w zakresie temperatur 24—30°C (max. 37°C, min. 5°C). Najlepszy wzrost występuje przy pH 7—8 i powyżej. Grzyb ten charakteryzuje się wysoką aktywnością celulolityczną.

***Trichoderma viride* Pers. ex Gray**



Rys. 6. *Trichoderma viride* (K.H. Domsch, W. Gams, T.-H. Anderson)

Jest kosmopolitycznym, bardzo rozpowszechnionym gatunkiem. Występuje we wszystkich strefach klimatycznych. Jest najpospolitszym grzybem glebowym, rozkładającym materiał roślinny. Wśród rozkładanych substratów znajdują się: papier, materiały syntetyczne, tekstylia, drewno. Jego obecność stwierdzono na przechowywanych zbożach, pomidorach, owocnikach grzybów kapeluszowatych (wytwarza chitynazę — enzym rozkładający chitynę). Grzyb zasiedla bezpośrednio drewno, doprowadzając je do degradacji za pomocą wytwarzanego kompletu celulaz, których działanie prowadzi do mineralizacji celulozy, i z tego powodu przypisuje mu się duże znaczenie celulolityczne w przyrodzie. Optymalna temperatura wzrostu wynosi 20—28°C (min. 6°C, max. 32°C), rozwój grzyba ustaje w temperaturze 0°C. Rośnie w zakresie pH 1,5—9 (optimum 4,5—5,5). Syntetyzuje antybiotyki: gliotoksynę (stosowaną przeciwko grzybom fitopatogenicznym) i suzucyklinę (antybiotyk przeciwbakteryjny). Wytwarza mikotoksynę — trichoderminę, toksyczną dla ssaków. U ludzi wywołuje infekcje płuc, wątroby i zapalenie otrzewnej.

***Botryotrichum piluliferum* Sacc. & Marchal**

Fot. 9. *Botryotrichum piluliferum* Sacc. & Marchal (fot. Tadeusz Maciąg)

Gatunek kosmopolityczny. Występuje w glebach zasadowych, na roślinach, ryżu, pszenicy, produktach celulozowych, w ściekach, odchodach zwierzęcych itp. Rozkłada skrobię, pektyny, ksylen, chitynę. Wykazuje wysoką aktywność celulolityczną. Degraduje celulozę i ligninę. Rośnie bezpośrednio na drewnie, powodując w krótkim czasie znaczny ubytek masy drewna i spadek wytrzymałości mechanicznej. Optymalna temperatura wzrostu wynosi 25—30°C, a maksymalna 40°C. Optimum pH wynosi około 5,5, ale może rosnąć przy pH powyżej 8,8²⁰.

Spośród oznaczonych gatunków grzybów szczególnie niebezpieczne dla zbiorów bibliotecznych są cztery: *Penicillium funiculosum*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Trichoderma viride*, *Botryotrichum piluliferum*. Charakteryzują się silną działalnością celulolityczną, przez co doprowadzają do degradacji podłoża papierowego. Aby ograniczyć rozwój grzybów w pomieszczeniach, w których przechowywane są wyroby papiernicze, należy przestrzegać zaleceń określonych przez IFLA, czyli:

- sprawdzać, czy nie ma pleśni na nowych nabytkach i przesyłkach,
- utrzymywać umiarkowaną temperaturę i wilgotność względną (poniżej 20°C i 65% ww),

²⁰ Informacje o grzybach umieszczone w opisie gatunku opracowano na podstawie następujących publikacji: K.H. Domsch, W. Gams, T.-H. Anderson: *Compendium of soil fungi*. Vol. 1 i 2. Eching 1993; O. Fassatióvá: *Grzyby mikroskopowe w mikrobiologii technicznej*. Tłum. H. Oberman. Warszawa 1983; A. Grabińska-Loniewska, Z. Kańska: *Atlas grzybów mikroskopowych*. Warszawa 1990; M. Piontek: *Grzyby pleśniowe*. Zielona Góra 1999.

- zapewniać dobrą cyrkulację powietrza,
- regularnie odkurzać dokumenty,
- nie stawiać regałów z książkami przy ścianach zewnętrznych,
- nie hodować roślin w budynku,
- zapewnić wodoszczelność piwnic i fundamentów,
- regularnie sprawdzać zbiory pod kątem występowania ewentualnych wykwitów²¹.

²¹ *Ochrona i przechowywanie zbiorów. Zalecenia IFLA w kwestii opieki i obchodzenia się z materiałami bibliotecznymi*. Oprac. E.P. Adcock. Wrocław 1999, s. 36—37.

Tadeusz Maciąg

DIE DAS ALTE PAPIER VERNICHTENDEN PILZE
DIE ANALYSE VON DRUCKSCHRIFTEN VON DEM ZEITRAUM 1500—1600
AUS DER BIBLIOTHEK DER STIFTUNG
DES GRAFEN WIKTOR BAWOROWSKI IN LEMBERG

Zusammenfassung

Der Grad der mikrobiologischen Bedrohung wurde anhand der Druckschriften aus der vom 16.Jh. stammenden Buchsammlung der Bibliothek der Stiftung des Grafen Wiktor Baworowski in Lemberg eingeschätzt. Zur Untersuchung wurden 80 Bücher mit deutlichen Spuren der vernichtenden Wirkung der Mikroorganismen ausgewählt. Der mikrobiologische Zustand der Sammlung ist gut, denn von den zur Analyse ausgewählten Bänden wurden nur acht Bücher mit lebendem Myzelium festgestellt. Die infolge der Analyse bezeichneten Pilze wurden zu elf Gattungen gezählt.

Schlüsselwörter: altes Buch, alte Büchersammlung, Bibliothek der Stiftung des Grafen Wiktor Baworowski in Lemberg, Schutz und Erhaltung von Bibliotheken, mikrobiologische Bedrohung, Pilze.

Tadeusz Maciąg

FUNGI DAMAGING ANTIQUE PAPER
ANALYSIS OF PRINTS FROM THE YEARS 1500—1600
IN THE COLLECTION OF THE COUNT WIKTOR BAWOROWSKI
FOUNDATION LIBRARY IN LVIV

Summary

The microbiological hazard assessment has been made based on prints from the collection of 16th century books in the Count Wiktor Baworowski Foundation Library in Lviv. Items with significant signs of microorganism impact have been selected (80 books total). The collection is in good microbiological condition, a statement confirmed by the fact that among volumes selected for analysis, only eight cases of flourishing mycelium have been detected. Eleven types of fungi have been designated.

Key words: antique book, antique collection, Count Wiktor Baworowski Foundation Library in Lviv, protection and conservation of library collections, microbiological hazard, fungi.

Тадеуш Мачонг

ГРИБКИ, УНИЧТОЖАЮЩИЕ СТАРИННУЮ БУМАГУ
АНАЛИЗ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ 1500—1600 ГГ
ИЗ КОЛЛЕКЦИИ БИБЛИОТЕКИ БАВОРОВСКИХ ВО ЛЬВОВЕ

Содержание

Оценка степени микробиологической опасности была произведена на печатных материалах XVI века из собраний Библиотеки Фонда графа Виктора Баворовского во Львове. Были выбраны объекты (80 книг), демонстрировавшие заметные следы воздействия микроорганизмов. Сохранность коллекции с микробиологической точки зрения хорошая, о чем свидетельствует факт, что среди отобранных для анализа томов нами было зарегистрировано лишь восемь, в которых была обнаружена жизнеспособная грибница. Обозначенные грибки насчитывают одиннадцать видов.

Ключевые слова: старопечатные книги, историческая коллекция, Библиотека Баворовских во Львове, защита и консервация библиотечных коллекций, микробиологическая опасность, грибки.